



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 197 23 956 A 1

21 Aktenzeichen: 197 23 956.0  
22 Anmeldetag: 6. 6. 97  
43 Offenlegungstag: 10. 12. 98

51 Int. Cl.<sup>6</sup>:  
G 05 B 19/414  
G 05 B 19/19  
G 06 F 13/12  
G 06 F 1/04

DE 197 23 956 A 1

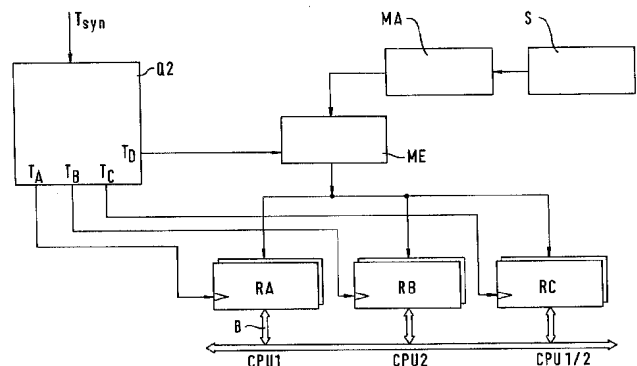
71 Anmelder:  
Siemens AG, 80333 München, DE

72 Erfinder:  
Brune, Richard, Dipl.-Ing., 90765 Fürth, DE;  
Höppner, Bernhard, Dipl.-Ing., 91085 Weisendorf,  
DE; Rochholz, Günter, Dipl.-Ing., 91074  
Herzogenaurach, DE; Wagenpfeil, Alexander,  
Dipl.-Ing., 91341 Röttenbach, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

54 Digitale Mehrachssteuerung zur Steuerung von Echtzeitvorgängen

57 Zur Steuerung von Bewegungsabläufen eines funktio-  
nalen Zusammenhanges sind mehrere dezentrale Instan-  
zen (CPU2...CPU<sub>n</sub>) durch ein programmierbares Taktssi-  
gnal ( $T_{syn}$ ) auf eine zentrale Instanz (CPU1) synchronisier-  
bar, wobei benötigte Systemzustände und Meßwerte für  
zentrale und alle dezentralen Instanzen zu synchronen,  
äquidistanten Zeitpunkten in einem Taktraster ( $T_A$ ,  $T_B$ ,  
 $T_C$ ) der jeweiligen Instanz so speicherbar (RA, RB, RC)  
sind, daß von diesen jederzeit unabhängig auf die jeweils  
zugeordneten Systemzustände und Meßwerte zugreifbar  
ist.



DE 197 23 956 A 1

Die Erfindung betrifft eine digitale Mehrachssteuerung zur Steuerung von Echtzeitvorgängen, insbesondere von Bewegungsabläufen eines funktionalen Zusammenhangs.

Bei einer digitalen Mehrachssteuerung von Bewegungsabläufen eines funktionalen Zusammenhangs, wie z. B. einer Bahnbewegung im Raum oder einer Achskopplung mit einem verhältnismäßigen Übersetzungsfaktor, werden Bahnsollwerte durch Interpolation als Sollwertgruppe erzeugt und an achszugehörige Lageregelkreise als Führungsgrößen übergeben. In den Lageregelkreisen der gekoppelten Achsen ist es erforderlich, die Lageistwerte als Wertegruppe eines jeweiligen Tastzeitpunktes zu erfassen und aus der Soll-Istwert-Bilanz Stellsignale für die Achsantriebe zu generieren. Eine Tastung von Interpolation, Lageregelung und Positionserfassung erfolgt dabei in äquidistanten Zeitschritten. Bei Nichterfüllung der äquidistant gleichzeitigen Abtastung der Positionswerte entstehen im Bewegungsverlauf Bahnverzerrungen. Ähnlich stellt sich die Situation bei der Steuerung von anderen Echtzeitvorgängen dar.

Um beim Beispiel einer getastet arbeitenden Steuerung von Bewegungsabläufen eines funktionalen Zusammenhangs zu bleiben, ist es erforderlich, im Falle einer modularen Steuerungstechnik auf Basis achsgranularer Servobaugruppen, allen Baugruppen neben den zyklischen bewegungsrelevanten Größen auch einen äquidistanten Servotakt zur Ermöglichung der gleichzeitigen Positionserfassung zuzuführen. Bei parallelen Busverbindungen wird dies durch eine Taktversorgung realisiert. Solche parallelen Busverbindungen sind schaltungstechnisch aufwendig und erfordern eine zentrale Aufbautechnik.

Aus ökonomischen Gesichtspunkten werden im Maschinen- und Anlagenbau zunehmend dezentrale Aufbaukonzepte angestrebt. Problematisch ist hierbei jedoch, daß gewährleistet wird, daß ständig eine volle Synchronität zwischen einer zentralen Instanz (z. B. einer numerischen Steuerung) und mehreren dezentralen Instanzen (z. B. Antriebe, Pulsweiten-Modulatoren etc.) hinsichtlich Regler-taktzeiten, Erfassung von Systemzuständen und dem Eingabe/Ausgabe-Verhalten herrscht. Es soll eine Verbesserung der Rundlaufeigenschaften bei Mehrachsenbewegungen und damit beispielsweise bei numerisch gesteuerten Werkzeugmaschinen oder Robotern direkt eine höhere Güte der Werkstückoberfläche erreicht werden. Darüber hinaus wird angestrebt, daß Meßtotzeiten für eine Steigerung der Reglerdynamik minimiert werden und damit eine Erhöhung der mechanischen Steifigkeiten erzielt wird.

Herkömmlicherweise war das im vorangehenden geschilderte Problem nicht gegeben, da in der Regel analoge Antriebe als dezentrale Instanzen in Verbindung mit zentralen Meßwertbaugruppen eingesetzt wurden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es somit, eine durchgängige digitale und synchrone Kombination von zentralen und mehreren dezentralen Instanzen zu erreichen, wobei zur Optimierung regelungstechnischer oder projektierungstechnischer Systemeigenschaften die Synchronität zwischen zentralen und dezentralen Instanzen auch bei variablen Synchronisationszeitpunkten stets gewährleistet sein soll.

Gemäß der vorliegenden Erfindung wird diese Aufgabe durch eine digitale Mehrachssteuerung zur Steuerung von Echtzeitvorgängen, insbesondere von Bewegungsabläufen eines funktionalen Zusammenhangs, gelöst, welche über eine zentrale Instanz und mindestens einen elektrischen Antrieb verfügt, wobei jeder elektrische Antrieb durch eine diesem zugeordnete dezentrale Instanz angesteuert wird und alle dezentralen Instanzen auf die zentrale Instanz über ei-

nen programmierbaren Takt synchronisierbar sind, wobei alle zur Steuerung des Echtzeitvorganges benötigten Systemzustände und Meßwerte für die zentrale und alle dezentralen Instanzen zu synchronen, äquidistanten Zeitpunkten in einem Taktraster der jeweiligen Instanz so speicherbar sind, daß von diesen jederzeit unabhängig auf die jeweils zugeordneten Systemzustände und Meßwerte zugreifbar ist.

Mit einer ersten vorteilhaften Ausgestaltung der digitalen Mehrachssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung werden eventuelle Laufzeiten bei der Meßwernerfassung kompensiert. Dies wird dadurch erreicht, daß eine Meßwernerfassung im Taktraster der schnellsten Instanz ansteuerbar ist und eine eventuelle Laufzeit bei der Meßwernerfassung durch einen vorzeitigen Anstoß der Erfassung kompensierbar ist, wobei eine dazu vorgesehene Vorlaufzeit der Meßerfassung durch jede dezentrale Instanz in Abhängigkeit eines angeschlossenen Meßsystems programmierbar ist.

Mit einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der digitalen Mehrachssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung werden Maßnahmen beim Verlust der Synchronität zwischen zentraler und dezentralen Einheiten geschaffen. Diese vorteilhafte Ausgestaltung zeichnet sich dadurch aus, daß ein Verlust der Synchronität durch Ausfall oder Störung des synchronisierenden Taktes in jeder dezentralen Instanz überwachbar ist und bei Detektion ein asynchroner Betrieb zur Stillsetzung aktivierbar ist.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der digitalen Mehrachssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß eine erreichte Synchronität zwischen zentraler und dezentralen Instanzen innerhalb der dezentralen Instanzen an in diesen realisierte Funktionen weitergegeben wird, indem jeder elektrische Antrieb einen Motor mit Leistungsteilelektronik umfaßt, wobei die Leistungsteilelektronik pulsweitenmoduliert ansteuerbar ist und die Pulsweitenmodulation auf die zentrale Instanz synchronisierbar ist, wobei ein Trägersignal, bevorzugterweise ein Abtastdreieckssignal, der Pulsweitenmodulation gegen das Taktsignal ohne Verlust der Synchronität verschiebbar ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der digitalen Mehrachssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung wird eine integrierende Meßerfassung beispielsweise des Momentenistwertes einer Momentenregelung oder äquivalenter Systemzustände (z. B. Stromistwerte) ermöglicht. Dies geschieht dadurch, daß die Abtastzeit ein ganzzahliges Vielfaches oder einen ganzzahligen Bruchteil der Periodendauer der Pulsweitenmodulation beträgt.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der digitalen Mehrachssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung wird darüber hinaus erreicht, daß die durch eine Pulsweitenmodulation bedingten Stromrippel im Zustand "Momentenistwert" der digitalen Regelung herausgemittelt werden, wodurch der Oberwellengehalt des Momentes an der Antriebswelle minimiert wird. Dies wird dadurch erreicht, daß die Abtastzeit einer Momentenregelung ein  $1/2^n$ -tel der Periodendauer der Pulsweitenmodulation beträgt, wobei mit  $n$  ein Element der ganzen Zahlen bezeichnet ist.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der digitalen Mehrachssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung wird darüber hinaus erreicht, daß die Anforderung nach geringer Leistungsteilverstärker-Erwärmung und hoher Ausgangsfrequenz optimiert werden können. Dies wird erreicht, indem die Frequenz der Pulsweitenmodulation ohne Verlust der Synchronität veränderbar ist.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der digitalen Mehrachssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß Systemzustände zusätzlich zu asynchronen Zeitpunkten speicherbar sind und bei einer

asynchronen Speichieranforderung innerhalb einer synchronen Meßwerterfassung ein synchron ermittelter Meßwert auch als asynchroner Meßwert speicherbar ist.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung der digitalen Mehrachssteuerung gemäß der vorliegenden Erfindung zeichnet sich dadurch aus, daß ein ebenfalls programmierbarer Synchronisierzeitpunkt aller dezentralen Instanzen definiert gegen die zentrale Instanz verschiebbar ist

Weitere Vorteile und Einzelheiten ergeben sich aus der nachfolgenden Beschreibung eines vorteilhaften Ausführungsbeispiels und in Verbindung mit den Figuren. Es zeigen:

**Fig. 1** Prinzipskizze einer digitalen Mehrachssteuerung mit zentraler Instanz und elektrischen Antrieben zugeordneten dezentralen Instanzen,

**Fig. 2** Blockschaltbild des Aufbaus einer dezentralen Instanz,

**Fig. 3** Zeitdiagramm zur Veranschaulichung einer Verschiebung eines Abtastdreieckssignals gegen das Taktsignal ohne Verlust der Synchronität und

**Fig. 4** Zeitdiagramm zur Veranschaulichung einer ober-schwingungsminimalen Synchronität.

In der Darstellung gemäß **Fig. 1** ist ein Blockschaltbild einer digitalen Mehrachssteuerung zur Steuerung von Echtzeitvorgängen, insbesondere von Bewegungsabläufen, mit einer zentralen Instanz CPU1 und mehreren dezentralen Instanzen CPU2 bis CPU<sub>n</sub> gezeigt. Dabei ist jeder dezentralen Instanz CPU2...CPU<sub>n</sub> jeweils ein elektrischer Antrieb A2 bzw. An zugeordnet. Sowohl zentrale als auch dezentrale Instanzen besitzen jeweils einen diesen zugeordneten Taktgenerator Q1...Q<sub>n</sub>, mit welchem ein jeweiliger Takt generiert wird. Von der zentralen Instanz CPU1 aus, welche beispielsweise eine numerische Steuerung darstellen kann, führt eine Taktleitung T<sub>syn</sub> zu jeder dezentralen Instanz. Über diesen Takt T<sub>syn</sub> sind die entsprechenden dezentralen Instanzen auf die zentrale Instanz synchronisierbar. Desweiteren sind alle Instanzen, also zentrale und die vorhandenen dezentralen Instanzen, über ein Bussystem B miteinander verbunden. Über dieses Bussystem ist beispielsweise die Programmierbarkeit der dezentralen Instanzen gewährleistet. Außerdem können über das Bussystem B Solldaten, Steuerparameter und Meßwerte zwischen den dezentralen Instanzen und der zentralen Instanz sowie zwischen einzelnen dezentralen Instanzen übertragen werden. Während auf Seiten der zentralen Instanz CPU1 beispielsweise ein Interpolationstakt T<sub>IP0</sub> und ein Lagereglertakt T<sub>LR</sub> generiert wird, wird auf Seiten der dezentralen Instanzen CPU2...CPU<sub>n</sub> ein jeweils zugeordneter Drehzahlreglertakt T<sub>DR2</sub>...T<sub>DRn</sub> sowie ein Stromreglertakt T<sub>SR2</sub>...T<sub>SRn</sub> erzeugt, welche im folgenden noch näher erläutert werden.

In der Darstellung gemäß **Fig. 2** ist beispielhaft der Aufbau einer dezentralen Instanz wie beispielsweise der CPU2 näher erläutert. Das von der zentralen Instanz ausgehende Synchronisationssignal T<sub>syn</sub> wird zu der im folgenden mit Q1 bezeichneten Einheit zur Taktgenerierung geleitet, von der unterschiedliche Taktsignale T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub>, T<sub>C</sub> und T<sub>D</sub> abgeleitet werden. Mit den Taktsignalen T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub> und T<sub>C</sub> wird jeweils ein zugeordneter Registersatz RA, RB und RC angesteuert. An den jeweiligen Registersätzen RA, RB und RC stehen parallel zur Einspeicherung in die Registersätze die Meßwerte einer Meßwerterfassung ME an. Die erfaßten Meßwerte werden aus einer Signalquelle S und einer darauffolgenden Aufbereitung MA ermittelt. Als Signalquelle S kommt beispielsweise der der entsprechenden dezentralen Instanz zugeordnete elektrische Antrieb in Betracht, wobei als Meßsignale z. B. Lageistwerte, Drehzahlwerte etc. dieses Antriebes zur numerischen Steuerung erfaßt werden. Angesteuert durch die jeweils zugehörigen Taktsignale T<sub>A</sub>,

T<sub>B</sub> und T<sub>C</sub> werden die jeweils anstehenden Meßwerte der Meßwerterfassung ME somit zum entsprechenden Takt in den jeweils zugeordneten Registersatz RA, RB und RC übernommen. Über das Bussystem B ist auf jeden dieser Registersätze RA, RB und RC zugreifbar.

Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist das Taktsignal T<sub>A</sub> als Stromreglertakt T<sub>SR2</sub> ausgeprägt. Dementsprechend stehen im Registersatz A im Stromreglertakt erfaßte Meßwerte bereit. Diese Meßwerte werden insbesondere zum Schließen des Stromreglerkreises innerhalb der dezentralen Instanz CPU2 benötigt. Für das Bussystem B ist von der zentralen Instanz oder anderen dezentralen Instanzen auf die Inhalte des Registersatzes RA zugreifbar. Das Taktsignal T<sub>B</sub> wird im vorliegenden Ausführungsbeispiel als Lagereglertakt T<sub>LR</sub> generiert. Da der Lagereglertakt durch die zentrale Instanz CPU1 vorgegeben wird, muß T<sub>B</sub> aus dem von der zentralen Instanz ausgehenden Synchronisationstakt T<sub>syn</sub> abgeleitet werden. Entsprechend wird der Registersatz RB durch T<sub>B</sub> im Lagereglertakt angesteuert und übernimmt in diesen Takt Meßwerte aus der Meßwerterfassung ME. Über das Bussystem B ist auch durch die zentrale Instanz CPU1 auf die im Lagereglertakt T<sub>B</sub> bzw. T<sub>LR</sub> erfaßten Meßwerte im Registersatz RB der dezentralen Instanz zugreifbar.

Auf diese Weise läßt sich der Lageregelkreis zwischen dezentraler Instanz und der entsprechend übergeordneten zentralen Instanz CPU1 durch Rückführen beispielsweise eines Lageistwertes über das Bussystem B zur zentralen Instanz schließen. Vorteilhaft ist, daß der Takt T<sub>A</sub> viel schneller sein kann, als Takt T<sub>B</sub>. Die zentrale Instanz CPU1, welche über den Bus B zugreift, könnte am Ende eines Taktzyklus T<sub>B</sub> auf Meßwerte zugreifen wollen. Durch die geschilderte Anordnung wird ein Überspeichern des Istwertes von Registersatz RB vermieden. CPU1 kann jeweils zu beliebigen Zeitpunkten im Taktzyklus T<sub>B</sub> auf für diesen Zyklus gespeicherte Istwerte zugreifen.

Der durch das Taktsignal T<sub>C</sub> angesteuerte Registersatz C kann beispielsweise für einen asynchronen Zugriff durch die zentrale Instanz CPU1 oder auch andere dezentrale Instanzen CPU2...CPU<sub>n</sub> vorgesehen sein. In diesem Fall stellt das Taktsignal T<sub>C</sub> ein asynchrones Taktsignal dar, was zur Folge hat, daß Meßwerte der Meßwerterfassung ME zu asynchronen Zeitpunkten in den Registersatz RC übernommen werden können.

Auf die im vorangehenden geschilderte Art und Weise lassen sich zur Steuerung von Echtzeitvorgängen, wie beispielsweise von Bewegungsabläufen eines funktionalen Zusammenhangs, benötigte Systemzustände und Meßwerte, welche in der Meßwerterfassung ME erfaßt wurden, für die zentrale Instanz CPU1 und alle dezentralen Instanzen CPU2...CPU<sub>n</sub> zu synchronen äquidistanten Zeitpunkten in einem Taktraster T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub> und T<sub>C</sub> der jeweiligen Instanz so in den entsprechenden Registersätzen RA, RB und RC speichern, daß von den jeweiligen Instanzen jederzeit unabhängig auf die gespeicherten Systemzustände und Meßwerte zugegriffen werden kann. Dabei kann die Regelung und Koordinierung eine Momentenregelung, Drehzahlregelung, Lageregelung, Bewegungsführung und Überwachung des Systems verteilt auf zentrale und dezentrale Instanzen umfassen.

Mit Hilfe des Bussystems B können vorteilhafterweise alle Taktsignale T<sub>syn</sub>, T<sub>A</sub>, T<sub>B</sub> und T<sub>C</sub> programmierbar ausgeführt werden, was zur Folge hat, daß die entsprechende Taktfrequenz je nach Anwendungsfall optimal variierbar ist.

Vorteilhafterweise wird die Meßwerterfassung ME im Taktraster der schnellsten Instanz angesteuert. Durch einen vorzeitigen Anstoß der Meßwerterfassung kann eine eventuelle Laufzeit bei der Meßwerterfassung kompensiert werden. Dies ist beispielsweise über ein weiteres Taktsignal T<sub>D</sub>,

mit welchem die Meßwerterfassung ME angesteuert wird, möglich. Auch dieses Taktsignal  $T_D$  ist durch die dezentrale Instanz in Abhängigkeit eines angeschlossenen Meßsystems programmierbar. Auch ist ein ebenfalls programmierbarer Synchronisierzeitpunkt aller dezentralen Instanzen CPU2. . . CPU $n$  definiert gegen die zentrale Instanz CPU1 verschiebbar.

Um die so erreichte Synchronität zwischen zentraler Instanz CPU1 und dezentralen Instanzen CPU2. . . CPU $n$  innerhalb der dezentralen Instanzen an Funktionen weiterzugeben, kann ein Trägersignal, welches im Falle eines pulswerten moduliert angesteuerten elektrischen Antriebes als Abtastdreieckssignal ADR ausgeprägt ist, gegen das Taktsignal  $T_{syn}$  ohne Verlust der Synchronität verschoben werden. Dieser Zusammenhang ist in der Darstellung gemäß Fig. 3 anhand eines Zeitdiagrammes dargestellt. Darin ist eine Zeit  $T_R$  aufgetragen, welche einer Rechenzeit entspricht, nach deren Ablauf ein Stellwert zur Verfügung steht. Eine Stellwertausgabe erfolgt mit dem Maximum des Abtastdreieckssignals. Besitzt das Abtastdreieckssignal den Verlauf des dünn eingezeichneten Abtastdreiecks, so kann erst zum Zeitpunkt 3 eine Sollwertausgabe erfolgen und zu einem entsprechend noch späteren Zeitpunkt mit dem Minimum des Abtastdreieckssignals eine Abtastung erfolgen. Ein diesbezüglich um die programmierbare Zeit  $\Delta T$  ohne Verlust der Synchronität verschobenes Abtastdreieckssignal ADR, welches in der Darstellung gemäß Fig. 3 mit dickeren Linien eingezeichnet ist, kann bereits zum Zeitpunkt 1 gleich nach Vorliegen des Stellwertes eine Stellwertausgabe veranlassen und somit entsprechend früher mit dem Minimum dieses Abtastdreieckssignals zum Zeitpunkt 2 eine weitere Abtastung vornehmen.

Um beispielsweise im Rahmen einer Momentenregelung eine Synchronisation zu erreichen, wird gemäß der vorliegenden Erfindung die Abtastzeit (z. B.  $T_A$  bzw. der Stromrichtertakt  $T_{SR}$ ) als ein ganzzahliges Vielfaches oder ein ganzzahliger Bruchteil der Periodendauer der Pulsweitenmodulation  $T_{PWM}$  gewählt. Auf diese Art und Weise wird eine Meßerfassung äquivalenter Systemzustände (z. B. Stromistwerte) ermöglicht.

Um den Oberwellengehalt beispielsweise des Momentes an der Antriebswelle zu minimieren bzw. Schwebungen zu vermeiden, wird die Abtastzeit  $T_A$  etc. als  $1/2^n$ -tel der Periodendauer der Pulsweitenmodulation  $T_{PWM}$  gewählt, wobei mit  $n$  ein Element mit ganzen Zahlen bezeichnet ist. Dieser Zusammenhang ist in der Darstellung gemäß Fig. 4 anhand eines Zeitdiagrammes veranschaulicht, in welches der Verlauf zweier Abtastdreieckssignale ADR1 und ADR2 eingetragen ist. Die Periodendauer der Pulsweitenmodulation ist mit  $T_{PWM}$  bezeichnet. Desweiteren ist unter den Verlauf der jeweiligen Abtastdreieckssignale die Abtastzeit  $T_A$  eingezeichnet. Anhand des Verlaufs von ADR1 wird deutlich, daß die Abtastzeitpunkte entsprechend  $T_A$  jeweils mit dem Maximum bzw. Minimum des Verlaufs von ADR1 zusammenfallen. Damit ist der Oberschwingungsanteil minimal. Anders hingegen beim Verlauf ADR2, welcher nicht den im vorangehenden geschilderten Kriterien entspricht, bei dem die Abtastzeitpunkte (gekennzeichnet durch schwarze Punkte auf dem Verlauf der Kurve) nicht mit dem Maximum bzw. Minimum zusammenfallen, was Schwebungen zur Folge hat, die unerwünscht sind. Weiterhin vorteilhaft gemäß der vorliegenden Erfindung ist es, daß die Frequenz der Pulsweitenmodulation  $T_{PWM}$  ohne Verlust der Synchronität veränderbar ist.

#### Patentansprüche

##### 1. Digitale Mehrachssteuerung zur Steuerung von

Echtzeitvorgängen, insbesondere von Bewegungsabläufen eines funktionalen Zusammenhangs, welche über eine zentrale Instanz (CPU1) und mindestens einen elektrischen Antrieb (A2. . . An) verfügt, wobei jeder elektrische Antrieb (A2. . . An) durch eine diesem zugeordnete dezentrale Instanz (CPU2. . . CPU $n$ ) angesteuert wird und alle dezentralen Instanzen (CPU2. . . CPU $n$ ) auf die zentrale Instanz (CPU1) über einen programmierbaren Takt ( $T_{syn}$ ) synchronisierbar sind, wobei alle zur Steuerung des Echtzeitvorganges benötigten Systemzustände und Meßwerte für die zentrale (CPU1) und alle dezentralen Instanzen (CPU2. . . CPU $n$ ) zu synchronen, äquidistanten Zeitpunkten in einem Taktraster ( $T_A$ ,  $T_B$ ,  $T_C$ ) der jeweiligen Instanz (CPU1. . . CPU $n$ ) so speicherbar (RA, RB, RC) sind, daß von diesen (CPU1. . . CPU $n$ ) jederzeit unabhängig auf die jeweils zugeordneten Systemzustände und Meßwerte zugreifbar ist.

2. Digitale Mehrachssteuerung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß eine Meßwerterfassung im Taktraster der schnellsten Instanz ansteuerbar ist und eine eventuelle Laufzeit bei der Meßwerterfassung durch einen vorzeitigen Anstoß der Erfassung kompensierbar ist, wobei eine dazu vorgesehene Vorlaufzeit der Meßerfassung durch jede dezentrale Instanz (CPU2. . . CPU $n$ ) in Abhängigkeit eines angeschlossenen Meßsystems (ME) programmierbar ist.

3. Digitale Mehrachssteuerung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß ein Verlust der Synchronität durch Ausfall oder Störung des synchronisierenden Taktes ( $T_{syn}$ ) in jeder dezentralen Instanz (CPU2. . . CPU $n$ ) überwachbar ist und bei Detektion ein asynchroner Betrieb zur Stillsetzung aktivierbar ist.

4. Digitale Mehrachssteuerung nach Anspruch 1, 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß jeder elektrische Antrieb (A2. . . An) einen Motor mit Leistungsteilelektronik umfaßt, wobei die Leistungsteilelektronik pulswertenmoduliert ansteuerbar ist und die Pulsweitenmodulation auf die zentrale Instanz (CPU1) synchronisierbar ist, wobei ein Trägersignal, bevorzugterweise ein Abtastdreieckssignal (ADR), der Pulsweitenmodulation gegen das Taktsignal ( $T_{syn}$ ) ohne Verlust der Synchronität verschiebbar ist.

5. Digitale Mehrachssteuerung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastzeit ( $T_A$  etc.) ein ganzzahliges Vielfaches oder einen ganzzahligen Bruchteil der Periodendauer ( $T_{PWM}$ ) der Pulsweitenmodulation beträgt.

6. Digitale Mehrachssteuerung nach Anspruch 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Abtastzeit ( $T_A$  etc.) ein  $1/2^n$ -tel der Periodendauer ( $T_{PWM}$ ) der Pulsweitenmodulation beträgt, wobei mit  $n$  ein Element der ganzen Zahlen bezeichnet ist.

7. Digitale Mehrachssteuerung nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Frequenz der Pulsweitenmodulation ohne Verlust der Synchronität veränderbar ist.

8. Digitale Mehrachssteuerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß Systemzustände zusätzlich zu asynchronen Zeitpunkten speicherbar sind und bei einer asynchronen Speicheranforderung innerhalb einer synchronen Meßwerterfassung (ME) ein synchron ermittelter Meßwert auch als asynchroner Meßwert speicherbar ist.

9. Digitale Mehrachssteuerung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß ein ebenfalls programmierbarer Synchronisierzeitpunkt aller dezentralen Instanzen (CPU2. . . CPU $n$ ) definiert ge-

gen die zentrale Instanz (CPU1) verschiebbar ist.

---

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

---

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

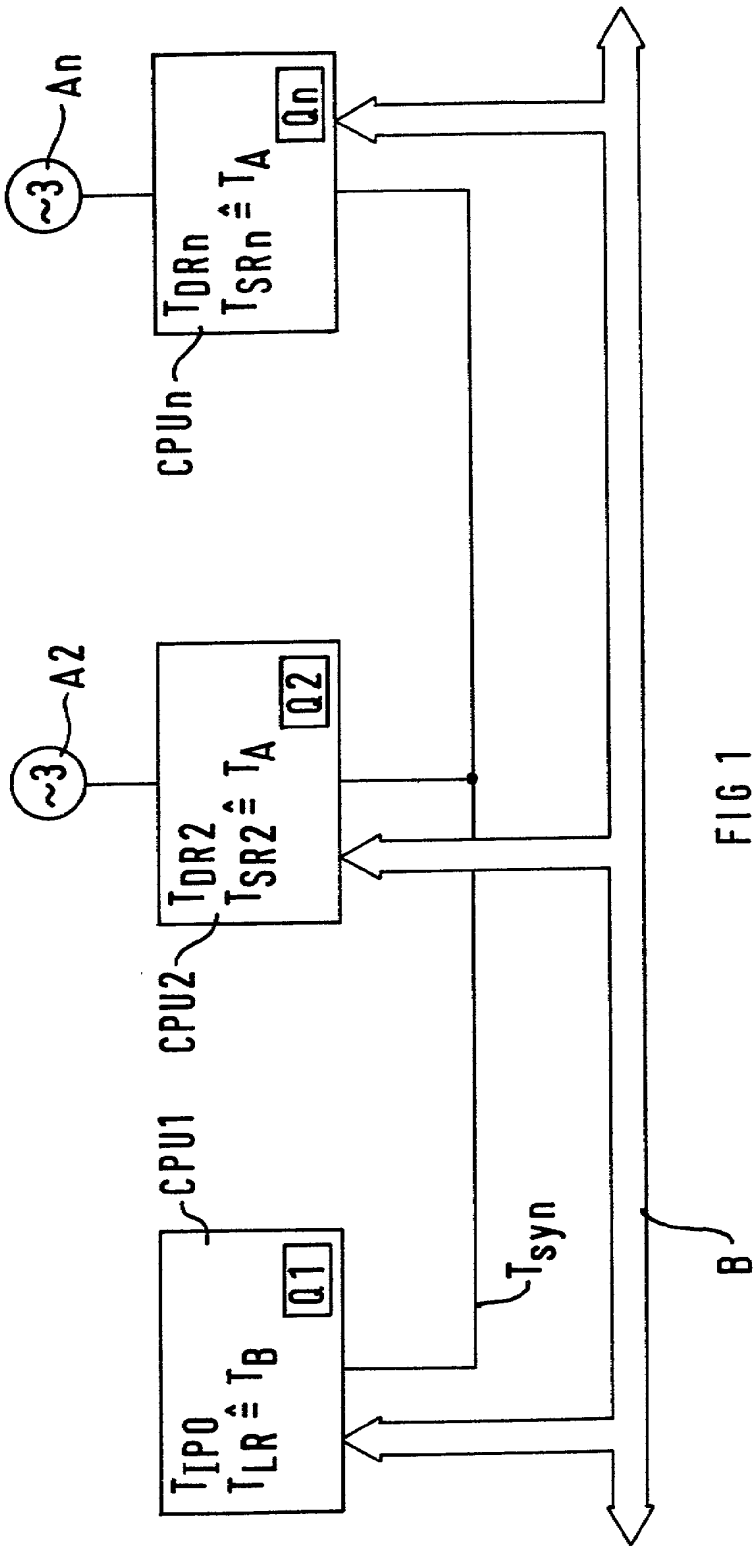
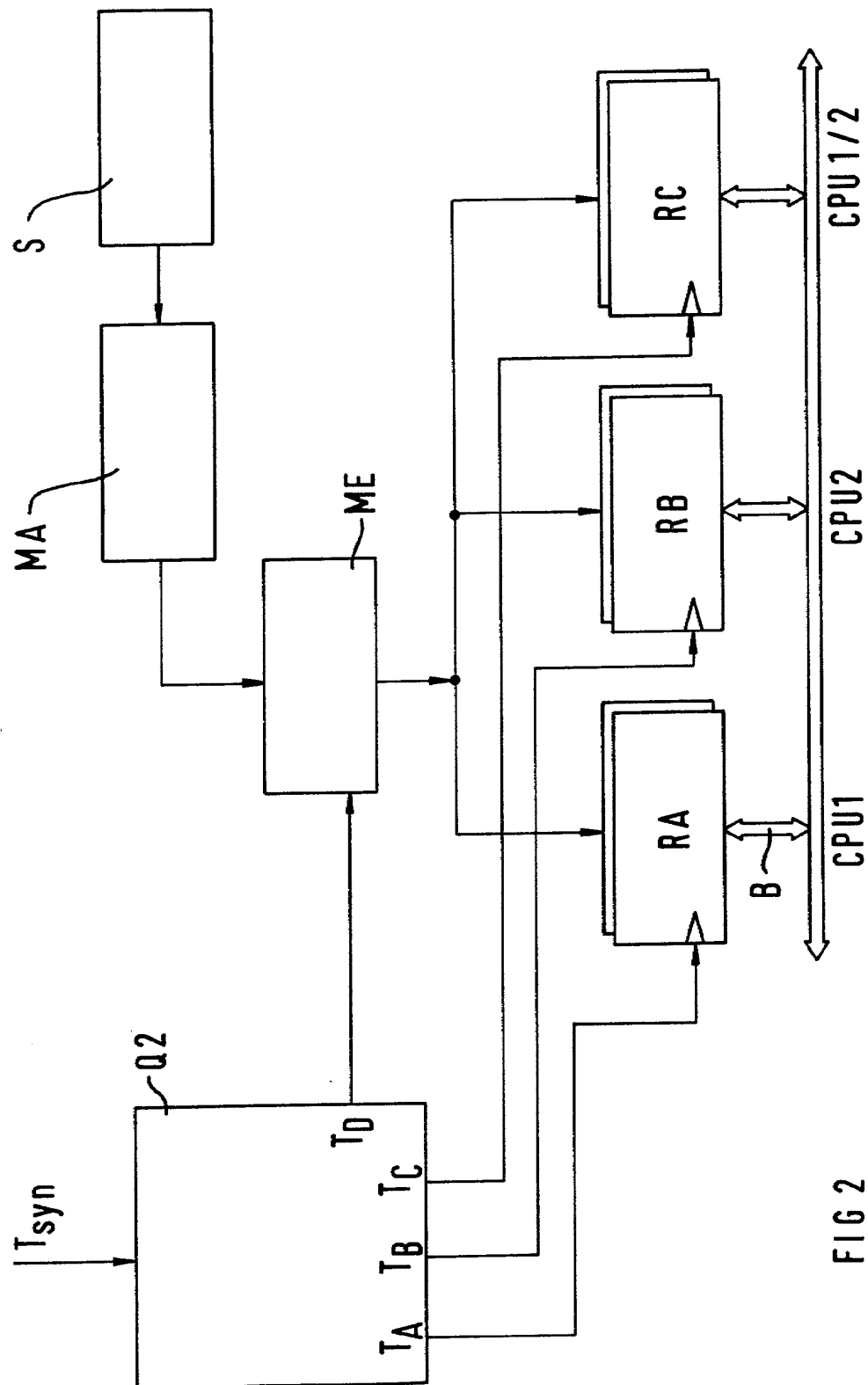


FIG 1



**FIG 2**

